

DE 00/3384

4

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Aktenzeichen: 199 47 240.8

Anmeldetag: 30. September 1999

Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-
Abgassonde und Schaltungsanordnungen zur
Durchführung der Verfahren

IPC: G 01 N 27/416

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 02. November 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Seiler

R. 36127

30.09.1999

J/Sei.

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-
Abgassonde und Schaltungsanordnungen zur
Durchführung der Verfahren

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-Abgassonde und Schaltungsanordnungen zur Durchführung dieser Verfahren nach den Oberbegriffen der unabhängigen Ansprüche 1, 3, 5 und 6.

Mischpotential-Abgassonden werden beispielsweise als Gassensoren zur Erfassung der Kohlenwasserstoffkonzentration der Brennkraftmaschine oder als NOx-Sonden zur Erfassung des Stickoxidanteils im Abgas von Brennkraftmaschinen eingesetzt.

Diese sind im Aufbau den λ -Sonden ähnlich und gehen beispielsweise aus Bosch "Kraftfahrtechnisches Taschenbuch" 22. Auflage, 1995, Seiten 490 ff hervor.

Bei bekannten Mischpotential-Abgassonden wird das Signal als Spannung zwischen zwei Elektroden, über den Kurzschlussstrom zwischen den Elektroden oder durch Abgreifen der zwischen den Elektroden messbaren und an einem Widerstand abfallenden Spannung gemessen.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-Abgassonde zu vermitteln, durch welches eine möglichst hohe Selektivität gegenüber den einzelnen Komponenten des Abgases, auch bei Vorhandensein von teilweise sehr großen Querempfindlichkeiten ermöglicht wird.

Darüber hinaus ist es Aufgabe der Erfindung, Schaltungsanordnungen zu vermitteln, die bei technisch einfachem Aufbau und einer möglichst geringen Zahl von Bauteilen eine Durchführung der Verfahren ermöglichen.

Vorteile der Erfindung

Die erstgenannte Aufgabe wird durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch Anlegen einer konstanten von der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung unterschiedlichen äusseren Spannung kann die Sonde gewissermaßen auf einzelne zu detektierende Abgasbestandteile eingestellt werden.

Die äussere konstante Spannung wird zuvor vorzugsweise experimentell ermittelt.

Diese Aufgabe wird darüber hinaus auch durch die Merkmale des Anspruchs 3 gelöst. Auch in diesem Falle wird die Abgassonde gewissermaßen auf die Detektion einzelner Gaskomponenten des Abgases eingestellt.

Die GröÙe des an die Sondenkeramik anzulegenden Stromes wird dabei experimentell bestimmt.

Durch die Spannung oder den Strom, die sich von der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung bzw. dem thermodynamischen Gleichgewichtsstrom unterscheiden, kann die Empfindlichkeit der Sonde erheblich gesteigert werden.

Die letztgenannte erfindungsgemäÙe Aufgabe wird ferner durch Schaltungsanordnungen mit den Merkmalen der Ansprüche 5 und 6 gelöst.

Eine spannungspolarisierte Strommessung, d.h. eine Messung des an den Elektroden der Mischpotential-Abgassonde abfallenden Stroms bei konstanter äusserer Spannung ist auf technisch sehr einfache Weise durch einen invertierenden Operationsverstärker, an dessen nicht invertierendem Eingang ein Spannungsteiler und an dessen invertierendem Eingang eine der Elektroden der Abgassonde angeschlossen sind und in dessen Rückkoppel-

kreis ein Referenzwiderstand angeordnet ist, realisierbar.

Eine strompolarisierte Spannungsmessung, d.h. eine Messung der sich zwischen den Elektroden einstellenden Spannung bei Beaufschlagung der Sondenkeramik mit einem konstanten Strom wird auf technisch einfach zu realisierende Weise durch einen nichtinvertierenden Operationsverstärker ermöglicht, an dessen nichtinvertierendem Eingang ein Spannungsteiler, an dessen invertierendem Eingang ein Referenzwiderstand und in dessen Rückkopplungskreis der Abgassensor angeordnet sind.

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform ist ein Schaltmittel vorgesehen, durch das zwischen den beiden Schaltungsanordnungen umschaltbar ist.

Zeichnung

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung von Ausführungsbeispielen der Erfindung.

In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine aus dem Stand der Technik bekannte Abgassonde mit gepumpter Referenz;

Fig. 2 die an einer polarisierten NOx-Mischpotentialsonde abgreifbare SONDENSspannung über der Zeit und

Fig. 3 die HC-Querempfindlichkeit über der Pumpspannung bei einer von der Erfindung Gebrauch machenden Mischpotential-Abgassonde;

Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur spannungspolarisierten Strommessung einer Mischpotential-Abgassonde und

Fig. 5 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur strompolarisierten Spannungsmessung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt im Schnitt eine Abgassonde 1.2 an einem Abgasrohr, von dem eine Wand 1.1 dargestellt ist. Diese Wand 1.1 trennt das Abgas einer Brennkraftmaschine (links) von der Umgebungsluft (rechts). Die Abgassonde 1.2 weist in ihrem abgasseitigen Teil einen Festelektrolyten 1.3 zwischen einer dem Abgas ausgesetzten ersten Elektrode 1.4 und einer weiteren Elektrode 1.5 auf. Ein mit der Elektrode 1.5 in Verbindung stehendes Referenzgasvolumen 1.6 steht mit der Umgebungsluft über einen Kanal 1.9 in direktem Kontakt. Die Elektrode 1.5 ist mit einer Messzuleitung 1.10 verbunden, die Elektrode 1.4 mit einer Messleitung 1.11.

Für die Aufrechterhaltung einer stabilen Referenzgasatmosphäre ist es wesentlich, dass die Zufuhr mit Sauerstoff durch den Pumpstrom I_p im zeitlichen Mittel die auftretenden Verluste an Sauerstoff übertrifft. Solche Verluste treten durch die Messung einer Spannung in den Elektroden zwangsweise dann auf, wenn die Spannungsmessung auf eine Strommessung auf an sich bekannte Weise über einen Messwiderstand zurückgeführt wird. Im Bereich der Messung von Spannungen in der Größenordnung der Ausgangsspannung der Abgassonde von 1V werden typischerweise Messwiderstände im Megaohm-Bereich verwendet. Als Folge fließt ein Messstrom im Mikroampère-Bereich. Für Elektrolyten wird dieser Strom von Sauerstoffionen aus dem Referenzgasvolumen getragen, so dass sich die Sauerstoffkonzentration im Referenzgasvolumen durch die Messung verringert.

Ein Messimpuls kann nun bezüglich seiner Höhe und zeitlichen Ausdehnung so bemessen werden, dass er im zeitlichen Mittel den erforderlichen Pumpstrom liefert.

Die Grundidee der vorliegenden Erfindung ist es nun, eine Verbesserung der Gasselektivität dadurch zu erreichen, dass an die Sensorelektroden 1.4, 1.5 ein konstantes äusseres Potential oder ein konstanter äusserer Strom angelegt werden. Hierdurch kann die Signalbildung auf einzelne Gase gewissermaßen eingestellt und so die Selektivität verbessert werden. Wird ein konstantes äusseres Potential, d.h. eine konstante äussere, von der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung abweichen-

de Spannung angelegt, wird der sich dabei einstellende Strom gemessen und ausgewertet. Wird ein konstanter Strom angelegt, erfolgt die Messung und Auswertung des sich dabei einstellenden Potentials oder der sich dabei einstellenden Spannung.

Es ist insbesondere möglich, durch Anlegen einer Spannung, die über der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung der störenden Elektrodenreaktion liegt, den Verlauf der störenden Reaktion so zu beeinflussen, dass keine störenden Komponenten an der gewünschten Reaktion teilnehmen.

In Fig. 4 ist ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zur spannungspolarisierten Strommessung, bei der man an die Elektroden 1.4, 1.5 der Abgassonde eine konstante äussere, von der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung abweichende Spannung anlegt und den über die Elektroden 1.4, 1.5 abfallenden Strom misst und auswertet. Die Schaltung umfasst einen Operationsverstärker, in dessen Rückkoppelkreis, d.h. zwischen seinem invertierenden Eingang und seinem Ausgang ein Referenzwiderstand R_1 geschaltet ist. Am invertierenden Eingang ist die Abgassonde gegen Masse geschaltet. An dem nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers liegt ein mit R_2 bezeichneter Spannungsteiler an. Zwischen dem nichtinvertierenden Eingang und dem Ausgang ist ein Differenzverstärker angeordnet, dessen Ausgangssignal gegen Masse das Messsignal ist. Ändert sich der Innenwiderstand oder das Potential an der Abgassonde, so regelt der Operationsverstärker die an der

Abgassonde anliegende Spannung über den als Rückkoppelwiderstand wirkenden Referenzwiderstand R_1 wieder nach. Das Signal zwischen dem nicht invertierenden Eingang und dem Ausgang des Operationsverstärkers ist proportional zum Strom, der durch den Sensor fließt, und wird vom Differenzverstärker verstärkt.

Die Schaltung weist ferner einen dreifachen Umschalter S_1 auf, mittels dem auf die in Fig. 5 dargestellte Schaltungsanordnung umgeschaltet werden kann. Die in Fig. 5 dargestellte Schaltungsanordnung stellt eine strompolarisierte Spannungsmessung dar, bei der die Sondenkeramik mit einem konstanten Strom beaufschlagbar ist und die sich einstellende Spannung gemessen und ausgewertet werden kann. Die in Fig. 5 dargestellte Schaltungsanordnung unterscheidet sich von der in Fig. 4 dadurch, dass am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers der Referenzwiderstand R_1 anliegt, wohingegen die Abgassonde nun im Rückkoppelkreis des Operationsverstärkers angeordnet ist. Am nichtinvertierenden Eingang liegt der Spannungsteiler R_2 an. Der Differenzverstärker verstärkt in diesem Falle die über der Abgassonde abfallende Spannung, welche als Meßsignal ausgewertet wird. Bei dieser Schaltung wird der Abgassonde ein Strom aufgeprägt, der nur durch die mittels des Spannungsteilers, d.h. mittels des Potentiometers R_2 eingestellte Spannung und durch den Widerstand R_1 bestimmt wird. Da die Abgassonde in der Rückkopplung des Operationsverstärkers liegt, hat der Innenwiderstand der Abgassonde keinen Einfluß auf den eingeppräg-

ten Strom. Der Spannungsabfall über die Abgassonde wird mit Hilfe des Differenzverstärkers gemessen.

Als Beispiel sind in Fig. 2 die mittels einer spannungspolarisierten Strommessung (siehe Fig. 4) bei einer Polarisationsspannung von +290mV die erfaßten Mischpotentiale von Kohlenwasserstoffen (450-45ppm) (Bezugszeichen 1) sowie die Mischpotentiale von Stickoxiden (Bezugszeichen 2) dargestellt.

Wird die Elektrode negativ polarisiert, sinkt die Signalamplitude der Kohlenwasserstoff-Mischpotentialbildungen mit zunehmender negativer Polarisierung (Bezugszeichen 1a). Das Stickoxid-Signal sinkt zunächst mit fallender Polarisationsspannung, kehrt sich um und steigt dann mit zunehmender negativer Polarisationsspannung auf 100mV bei einer Polarisationsspannung von -500mV (Bezugszeichen 2a).

In Fig. 3 ist die Amplitude der Kohlenwasserstoff-Mischpotentialbildungen (Querempfindlichkeit) gegen die Pump- oder Polarisationsspannung aufgetragen.

Wie aus Fig. 3 ersichtlich, ist bei einer Pumpspannung von -600mV keine Kohlenwasserstoff-Querempfindlichkeit vorhanden, so dass eine Messung lediglich des NOx-Anteils möglich ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-Abgassonde für eine Brennkraftmaschine, mit einer beheizbaren Sondenkeramik (1.3), mit einer in einer Kammer (1.6) angeordneten ersten Elektrode (1.5), die einer Referenzatmosphäre ausgesetzt ist, und mit einer im Abgas der Brennkraftmaschine angeordneten zweiten, Gasmoleküle detektierenden Elektrode (1.4), wobei zwischen der ersten und zweiten Elektrode mittels einer Pumpspannungsquelle eine Pumpspannung angelegt wird, so dass im Inneren der Kammer (1.6) ein etwas verringerter Sauerstoffpartialdruck durch elektrochemisches Abpumpen der Sauerstoffmoleküle eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass man an die Elektroden (1.4, 1.5) eine konstante äussere, von der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung der gewünschten Reaktion abweichende Spannung anlegt und den über die Elektroden (1.4, 1.5) abfallenden Strom misst und auswertet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass man die optimale Spannung zur Detektion einzelner Mischpotentiale einzelner Komponenten des Abgases experimentell ermittelt.

3. Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-
Abgassonde für eine Brennkraftmaschine mit einer
beheizbaren, Gasmoleküle detektierenden Sondenke-
ramik (1.3), mit einer in einer Kammer (1.6) ange-
ordneten ersten Elektrode (1.5), die einer Refe-
renzatmosphäre ausgesetzt ist, und mit einer im
Abgas der Brennkraftmaschine angeordneten zweiten
Elektrode, wobei zwischen der ersten und zweiten
Elektrode (1.4) mittels einer Pumpspannungsquelle
eine Pumpspannung angelegt wird, so dass im Inne-
ren der Kammer (1.6) ein etwas verringerter Sauer-
stoffpartialdruck durch elektrochemisches Abpumpen
der Sauerstoffmoleküle eingestellt wird, dadurch
gekennzeichnet, dass man die Sondenkeramik mit ei-
nem konstanten Strom beaufschlagt und die sich da-
bei zwischen den Elektroden (1.4, 1.5) einstellen-
de Spannung misst und auswertet, wobei diese Span-
nung von der thermodynamischen Gleichgewichtsspan-
nung der gewünschten Reaktion abweicht.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass man den Strom zur Detektion einzelner Misch-
potentiale einzelner Komponenten des Abgases expe-
rimentell ermittelt.
5. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfah-
rens nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch
einen invertierenden Operationsverstärker, an des-
sen nichtinvertierendem Eingang ein Spannungstei-
ler (R2), an dessen invertierendem Eingang die Ab-

gassonde und in dessen Rückkoppelkreis ein Referenzwiderstand (R_1) angeordnet sind und einen Differenzverstärker, der die Spannungsdifferenz zwischen dem nichtinvertierenden Eingang und dem Ausgang des Operationsverstärkers verstärkt und als Messsignal ausgibt (spannungspolarisierte Strommessung, Fig. 4).

6. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 3 oder 4, gekennzeichnet durch einen nichtinvertierenden Operationsverstärker, an dessen nichtinvertierendem Eingang ein Spannungsteiler (R_2), an dessen invertierendem Eingang ein Referenzwiderstand (R_1) und in dessen Rückkoppelkreis die Abgassonde angeordnet sind und einen Differenzverstärker, der die Spannungsdifferenz an dem Sensor verstärkt und als das Messsignal ausgibt (strompolarisierte Spannungsmessung, Fig. 5).
7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schaltmittel vorgesehen ist, durch welches die Schaltungsanordnung zur spannungspolarisierten Strommessung in die Schaltungsanordnung zur strompolarisierten Spannungsmessung umschaltbar ist.

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-
Abgassonde und Schaltungsanordnungen zur
Durchführung der Verfahren

Zusammenfassung

Ein Verfahren zum Betrieb einer Mischpotential-
Abgassonde für eine Brennkraftmaschine, mit einer be-
heizbaren Sondenkeramik, mit einer in einer Kammer an-
geordneten ersten Elektrode, die einer Referenzatmo-
sphäre ausgesetzt ist, und mit einer im Abgas der
Brennkraftmaschine angeordneten zweiten, Gasmoleküle
detektierenden Elektrode, wobei zwischen der ersten und
zweiten Elektrode mittels einer Pumpspannungsquelle ei-
ne Pumpspannung angelegt wird, so dass im Inneren der
Kammer ein geringfügig verringerter Sauerstoffpar-
tialdruck durch elektrochemisches Abpumpen der Sauer-
stoffmoleküle eingestellt wird, ist dadurch gekenn-
zeichnet, dass man an die Elektroden eine konstante äu-
ssere, von der thermodynamischen Gleichgewichtsspannung
der gewünschten Reaktion abweichende Spannung anlegt
und den über die Elektroden abfallenden Strom misst und
auswertet.

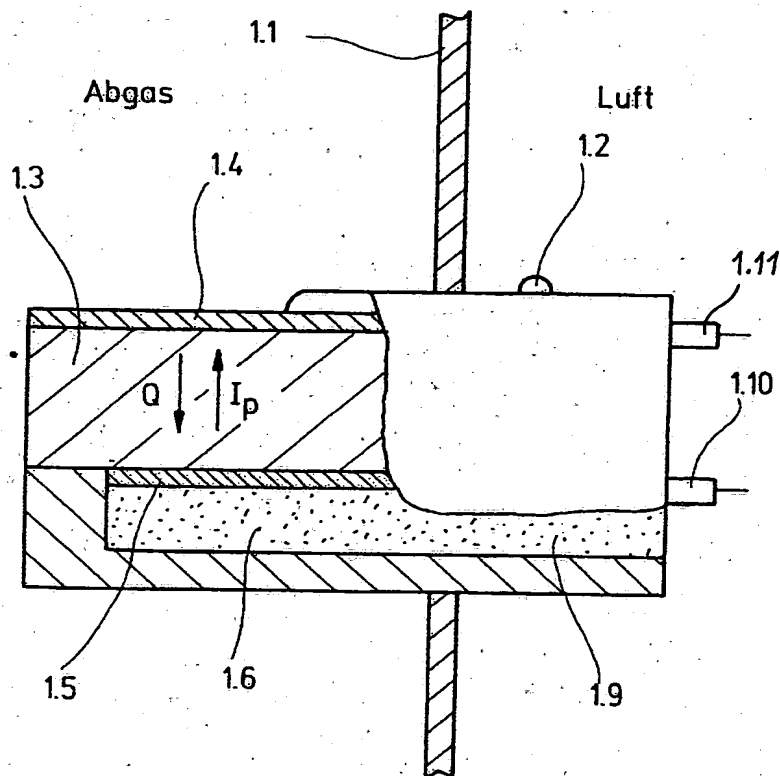


Fig.1

(Stand der Technik)

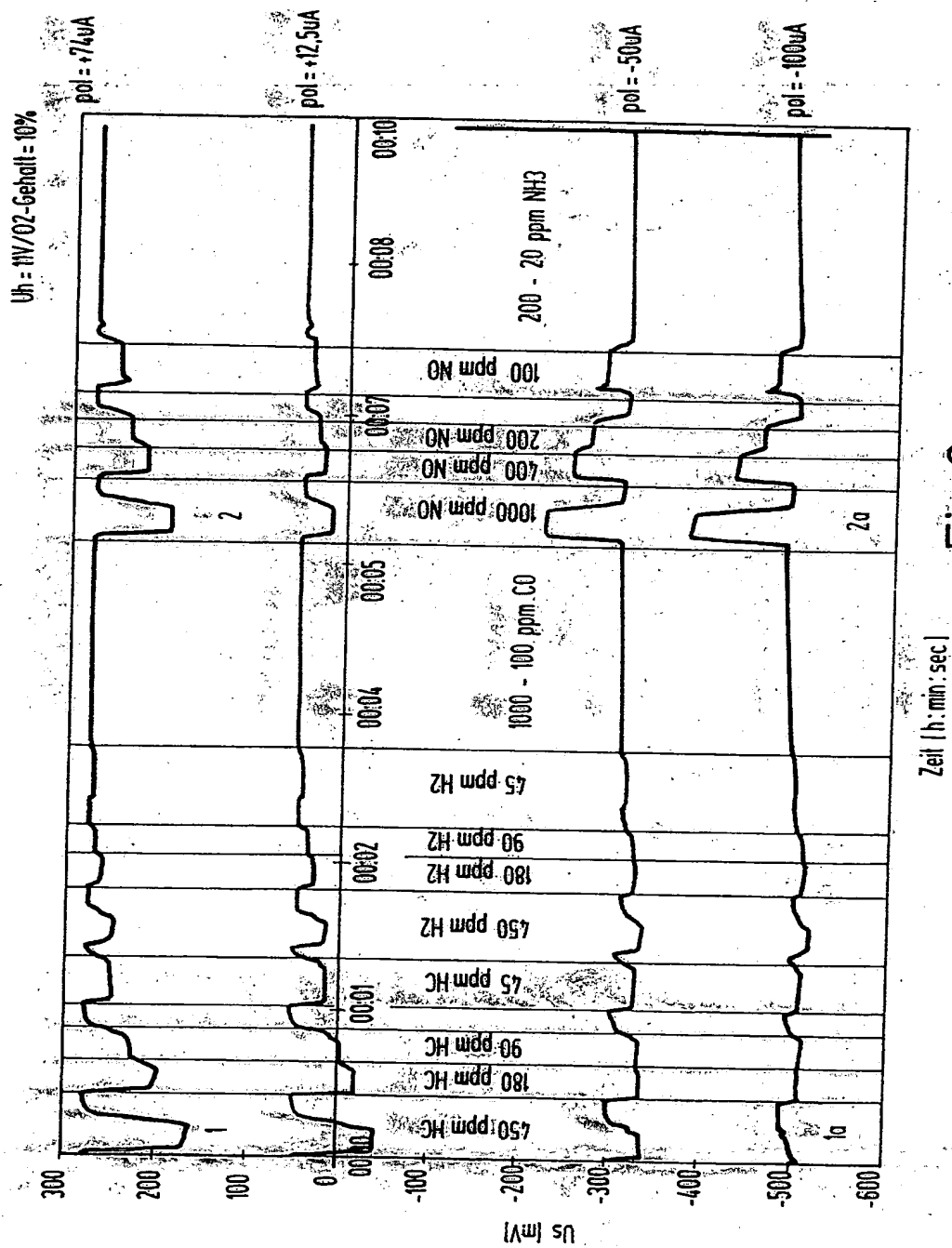


Fig. 2

Abhängigkeit der HC-Querempfindlichkeit eines
NOx-Mischpotentialsensor von der Polarisationsspannung

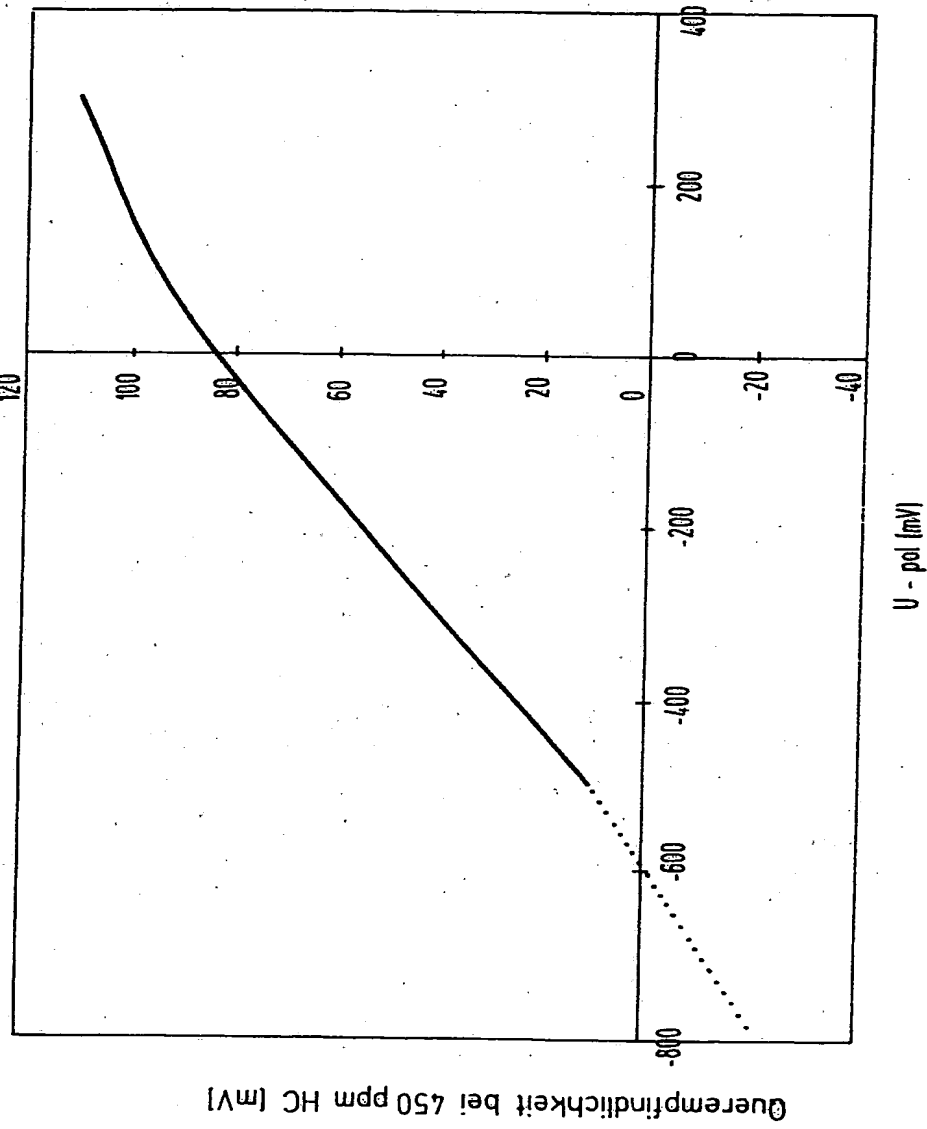


Fig.3

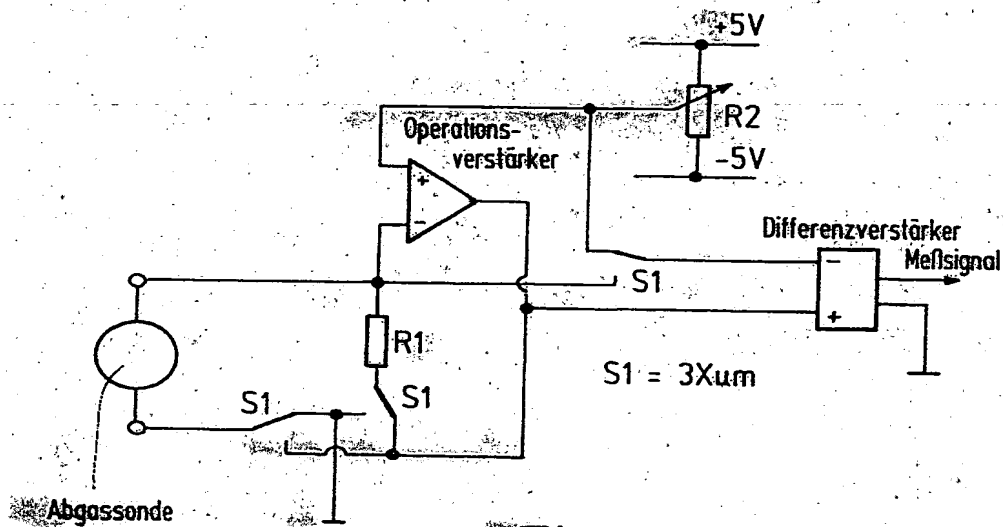


Fig. 4

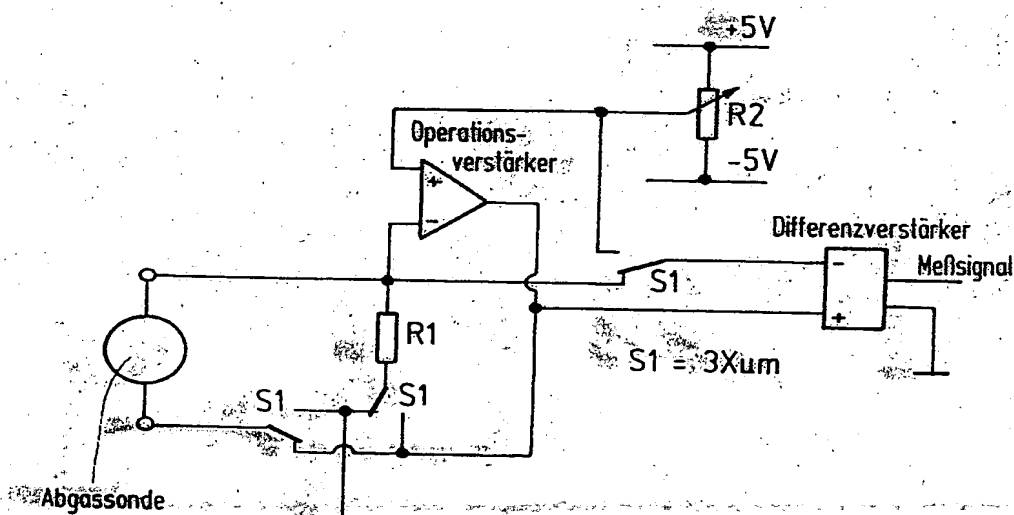


Fig. 5